

慶安川水系에 있어서 水棲昆蟲에 의한 生物學的 水質評價

裴京錫 · 李尙壽 · 申道澈 · 李龍鎮 · 金珍坤 · 吳秀曠

서울特別市 保健環境研究院

A Study on the Biological Estimation of Water Pollution Levels by the Aquatic Insects in Kyungan Stream, Kyunggi-Do

Kyung Seok Bae · Sang Soo Lee · Do Chul Shin
Yong Gin Lee · Gin Gon Kim · Soo Kyung Oh

Seoul Metropolitan Gov. Inst. of Health and Environment

ABSTRACT

The present study was accomplished from March to August, 1990 in order to examine the community structure of aquatic insects and the biological estimation of water pollution levels by the aquatic insects of Kyungan stream in Kyunggi-do.

1. The aquatic insects of whole area composed of 78 species, 42 genera, 26 families in 8 orders.
2. The occurrence species number show highest at Gungpyung-ri(29 species) and lowest at Yongin town(1 species)
3. Dominance indices show lowest at Gungpyung-ri(0.35) and highest at Yongin town(1.00) and Choboo-ri(1.00)
4. Species diversity indices show highest at Gungpyung-ri(3.53) and lowest at Yongin town(0.00)
5. The biological estimation of each area's water quality levels based on the diversity index are as follows.

Oligosaprobic area : Gungpyung-ri, Muchu-ri

α mesosaprobic area : Yoeeun-ri, Choboo-ri(K4), upper site of Wangsanri, Yeuk-ri, Wangsan-ri.

β mesosaprobic area : Gonjiam-ri, Dopyoung-ri, Kyungan-ri, Wondang-ri.

Polysaprobic area : Yongin town, Choboo-ri(K5)

I. 序 論

최근 都市 주변의 河川과 湖水는 生活下水나 工場廢水 등의 流入에 따라 水質汚染의 程度가 深化되고 있는 실정이며, 淨水의 必要性이 增加되어 水質汚染을 항상 把握하여야 한다. 특히 八堂湖의 主要

取水口 近接上流로 流入되는 慶安川은 49.5km로 流路延長이 짧아 充分的 自淨作用이 없이 곧바로 流入되고 있으므로 관심의 대상이 되고 있는 河川이다.

水質汚染의 評價는 測定이 比較的 쉽고 간단한 數值로 나타낼 수 있는 理化學的인 方法에 의하여 주로 나타내고 있으나¹⁾ 汚染物質 濃度의 계속적인

變化가 일어나고 있기 때문에²⁾ 理化學的인 調査는 다만 그 當時 河川狀態만을 나타낸다.³⁻⁴⁾ 이에 比較하여 生物學的인 水質評價는 調査地點에 棲息하는 生物個體나 群集의 構造와 機能의 差이가 理化學的인 水質汚染의 程度에 의해 나타나고 있으며 그 狀態를 正確히 測定할 수 있다.^{1,5,6)} 특히 底棲動物의 大部分을 차지하는 水棲昆蟲은 몸의 構造와 習性等이 극히 多樣하여 水中環境에 따른 特定種類의 有無, 種類數와 個體數의 分布等 群集構造의 差異가 뚜렷하여 生物學的인 指標로 重要하며⁷⁻⁹⁾, 水中環境으로 流入되는 物質의 影響을 받아 棲息場所를 선택하기 때문에 河川의 狀態를 評價하는데 適合하다.

漢江水系의 水質을 評價하는데 있어서 生物群集을 利用한 調査는 金等^{3,10)} 및 尹等^{11,12)}의 研究報告가 있으나, 本 調査水系의 水棲昆蟲 群集分析 및 生物學的인 水環境 評價는 全無하다.

本 研究는 南漢江 下流의 支流인 慶安川의 水棲昆蟲을 대상으로 하여 이들의 分布 및 群集構造 特性을 밝히고자 하며, 數理的인 群集分析과 理化學的인 環境要因과의 相關關係를 分析하여 本 調査水系의 綜合的인 水質狀態를 파악하고자 한다.

II. 研究方法

1. 調査日程 및 調査地域

本 研究는 1990年 3月 23日~27日과 8月9日~22日의 2次에 걸쳐 실시하였으며, 混池岩川에서 3個地點, 慶安川에서 10個地點等 13個地點을 선정하여 比較하였다 (Fig. 1). 調査地點中 K4 및 K5地點(草茨里)은 同一한 地點으로서 1次調査時에는 流水域이었으나 2次 調査時에는 水中淤建設로 因하여 滯水域을 形成하고 있으며 留雲里(K3) 및 旺山里上流(K6) 等도 水中伏로 因하여 滯水域을 形成하고 있다. 그 外에도 八堂湖 入口에 位置한 無愁里(K11)가 滯水域을 形成하고 있으나 나머지 地點들은 流水域을 이루고 있다.

G1: 廣州郡 都尺面 宮坪里

G2: 廣州郡 實村面, 混池岩里

G3: 廣州郡 草月面 島坪里

K1: 龍仁郡 龍仁邑 虎里

K2: 龍仁郡 龍仁邑內

K3: 龍仁郡 蒲谷面 留雲里

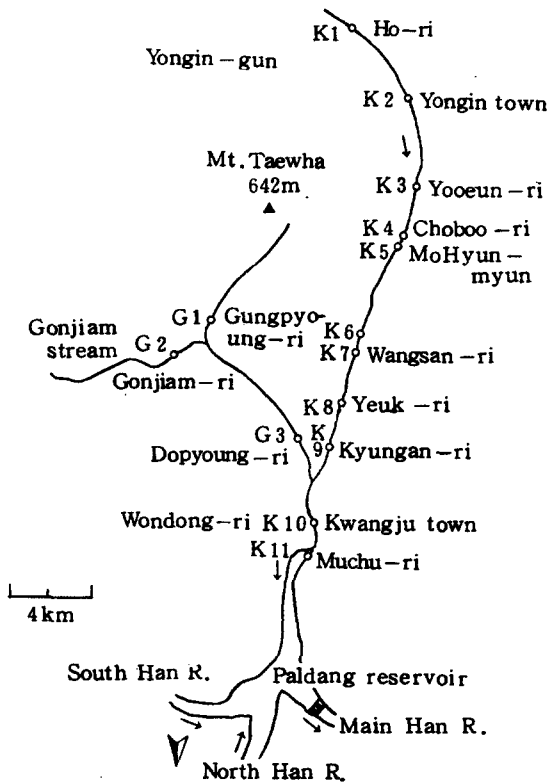


Fig. 1. A map of study sites in Kyungan stream

K4, K5: 龍仁郡 暮賢面 草里

K6: 龍仁郡 暮賢面 旺山里 上流

K7: 龍仁郡 暮賢面 旺山里

K8: 廣州郡 廣川邑 驛里

K9: 廣州郡 廣川邑 慶安里

K10: 廣州郡 退村面 元堂里

K11: 廣州郡 退村面 無愁里

2. 調査方法

水棲昆蟲의 採集은 溪流用 定量採集網인 Surber net(50×50cm)¹³⁾를 使用하여 1m²씩 定量的인 採集을 하였다. 採集된 水棲昆蟲은 現地에서 kahl's fluid로 固定하여 2日後 80% ethanol에 옮겨 保存하였다.

水棲昆蟲의 群集構造를 파악하기 위해 각 地點別로 種構成, 優占度指數 및 種多樣度指數를 산출하여 比較하였다. 각 調査地點에 있어서 優占種은 個體數와 生體量을 考慮하여 2種씩을 選定하고 地域

차이를 比較하였다. 優占度指數는 各 群集의 單純度를 測定하는 方法으로 Naughton's dominance(DI)에 의해 算出하였다.¹⁴ 種多樣度指數는 群集의 種豐富程度와 個體數의 相對的 均衡性을 測定하는 方法으로 Lloyd and Ghelardi의 公式¹⁵에 따라 計算하였다.

現化學的인 水質分析은 水溫 및 溶存酸素의 경우 採水時에 現場에서 測定하였으며, BOD等을 포함 한 기타 項目은 環境汚染公正試驗法 및 Standard Method^{16,17}를 參考하여 分析하였다.

III. 結果 및 考察

1. 分類群

慶安川 水系에서 採集되어 同定된 水棲昆蟲의 總分類群數는 8目 26科 46屬 78種이며, 各 地點別로 採集된 種數 및 個體數 現存量은 다음과 같다 (Table 1).

出現種數는 昆池岩川의 경우 1, 2次調査를 통하여 宮坪里(G1)에서 21種 및 29種으로 가장 豐富하

게 出現하고 있으며 그외의 地點들에서도 10~18種 사이로 比較적 豐富한 種類數가 棲息하고 있다. 慶安川은 1, 2次調査를 통하여 上流에 位置한 虎里(K1)가 17種 및 18種으로 많은 種類數가 棲息하고 있으나 都市下水 影響을 많이 받고 있는 龍仁邑內(K2)에서는 1種씩만 出現하고 있어 급격한 種數의 감소가 일어났다. 龍仁邑內(K2)에서 旺山里(K7) 사이에 位置한 地點들에서는 1~K6種 사이로 소수의 種들이 出現하고 있으며, 특히 1次調査時에는 流水域이었으나 水中淤 建設로 인하여 滯水域을 形成하고 있는 草茨里(K5)에서는 2次調査時에 6種에서 2種으로 種數의 감소가 일어났다. 慶安川下流域의 驛里(K8)에서 無愁里(K11) 사이에 位置한 地點들에서는 8~15種 사이로 出現하여 中流域에 位置한 地點들에 비해 種類數의 현저한 증가가 일어났다. 1m²당 個體數 現存量은 昆池岩川에 位置한 地點들이 慶安川水系에 비해 훨씬 豐富하게 出現하고 있다. 1, 2차 조사시의 慶安川의 個體數 現存量은 上流에 位置한 虎理(K1)가 634個體 및 1190個體로 豐富하게 出現하고 있으나 龍仁邑內(K2)에서 旺山

Table 1. Collected species name and individual numbers of the aquatic insects in kyungan stream, (inds/m²).

1st survey (March, 1990)

Species name	Site No.	G 1	G 2	G 3	K 1	K 2	K 4	K 7	K 9	K 10
Ephemeroptera										
<i>Baetis nla</i>		-	-	-	288	-	-	-	-	-
<i>Baetis thermicus</i>		-	-	-	28	-	-	-	-	-
<i>Baetis KUa</i>		-	-	-	28	-	-	-	-	-
<i>Epeorus latifolium</i>		244	28	2	148	-	-	-	-	4
<i>Epeorus curvatulus</i>		28	46	-	80	-	-	-	-	-
<i>Ecdyonurus dracon</i>		12	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ephemeru strigata</i>		16	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ephemeru orientalis</i>		32	-	2	-	-	-	-	-	4
<i>Cincticostella tshernovae</i>		-	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Serratella setigera</i>		68	198	8	48	-	-	-	12	8
<i>Serratella rufa</i>		212	76	242	20	-	-	-	20	76
<i>Ephemerella keijoensis</i>		-	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neophemeru KUa</i>		4	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera										
<i>Hydropsyche KUa</i>		20	48	196	242	-	4	-	248	16
<i>Hydropsyche KUb</i>		152	52	424	-	-	-	-	176	20
<i>Hydropsyche KUC</i>		124	-	14	-	-	-	-	8	-

Species name	Site No.	G1	G2	G3	K1	K2	K4	K7	K9	K10
<i>Hydropsyche</i> KUe		-	266	172	100	-	-	8	28	8
<i>Goera japonica</i>		4	-	-	-	-	-	-	-	-
Odonata										
<i>Mortonagrion selenion</i>		-	-	-	-	-	8	-	-	-
<i>Cercion calamorum</i>		-	-	-	-	-	-	8	-	-
<i>Calopteryx japonica</i>		-	-	4	-	-	-	-	-	-
<i>Nihonogomphus</i> KUa		8	-	-	-	-	-	-	-	-
Plecoptera										
<i>Capnia</i> KUa		-	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Megarcys ochracea</i>		4	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Isoperla</i> KUa		-	-	-	4	-	-	-	-	-
<i>Perlodes</i> KUa		-	8	-	-	-	-	-	-	-
Megaloptera										
<i>Parachauliodes continentalis</i>		4	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protohermes grandis</i>		-	-	-	-	-	-	-	4	-
Coleoptera										
<i>Laccophilus difficilis</i>		-	-	-	4	-	-	-	-	-
<i>Stenelmis nipponica</i>		4	-	-	-	-	-	-	-	-
Diptera										
<i>Tipula</i> KUe		-	12	-	-	-	-	-	-	-
<i>Antocha</i> KUa		48	36	38	12	-	-	-	-	12
<i>Tabanus</i> sp. 1		-	4	-	-	-	-	-	4	-
<i>Tabanus</i> sp. 2		-	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simulium</i> sp.		8	-	-	8	-	-	-	-	-
<i>Chironmus</i> sp. 1		-	-	-	-	-	-	20	-	-
" 2		-	-	-	-	-	20	-	108	20
" 3		-	-	-	132	-	-	-	-	-
" 4		-	40	-	-	-	-	-	-	68
" 5		-	-	-	-	-	-	-	-	28
" 8		-	-	-	-	-	260	-	-	-
" 9		-	34	-	20	-	-	28	-	-
" 10		-	-	-	-	68	-	-	-	-
" 11		-	-	38	-	-	-	-	20	-
" 12		-	-	10	-	-	28	-	-	-
" 13		68	-	-	-	-	-	-	8	-
" 14		20	-	-	24	-	-	-	-	-
" 15		-	-	-	4	-	-	-	-	-
" 16		-	-	-	-	-	12	-	-	-
" 17		-	-	-	-	-	-	100	-	-
<i>Tanypodinae</i> sp. 1		-	80	-	-	-	-	-	-	-
" sp. 2		4	-	-	-	-	-	-	-	-
No. of species		21	18	11	17	1	6	5	11	11
No. of individuals		1084	948	1146	1190	68	332	164	636	262

2nd survey (August, 1990)

Species name	Site No.	G 1	G 2	G 3	K 1	K 2	K 3	K 5	K 6	K 8	K 9	K 10	K 11
Ephemeroptera													
<i>Baetis nla</i>		134	36	118	298	-	-	-	-	694	646	2	-
<i>Baetis thermicus</i>		68	290	42	6	-	-	-	-	94	206	-	-
<i>Baetis</i> KUa		352	12	12	24	-	-	-	-	158	236	-	-
<i>Cloeon dipterum</i>		-	-	-	-	-	6	-	4	-	-	-	4
<i>Epeorus latifolium</i>		16	2	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Epeorus curvatulus</i>		8	-	2	10	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ecdyonurus yoshidae</i>		24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Ecdyonurus kibunensis</i>		14	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ecdyonurus dracon</i>		24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ecdyonurus</i> KUa		6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ecdyonurus</i> KUb		4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Heptagenia Kyotoensis</i>		12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ephemera orientalis</i>		10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Serratella setigera</i>		52	14	8	-	-	-	-	-	-	-	24	-
<i>Serratella rufa</i>		190	32	8	8	-	-	-	-	-	-	32	-
<i>Neophemera</i> KUa		6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
<i>Caenis</i> KUa		6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Trichoptera													
<i>Hydropsyche</i> KUa		166	64	8	36	-	-	-	-	2	16	8	-
<i>Hydropsyche</i> KUb		182	106	4	52	-	-	-	-	-	10	12	-
<i>Hydropsyche</i> KUb		10	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hydropsyche</i> KUC		106	14	-	56	-	-	-	-	2	8	-	-
<i>Hydropsyche</i> sp.KD		48	-	-	6	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Enomus tenellus</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
Odonata													
<i>Cercion calamorum</i>		-	2	-	-	-	6	-	2	-	-	-	24
<i>Cercion hieroglyphicum</i>		-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	4	26
<i>Onychogomphus ringens</i>		4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
<i>Trigomphus melamphus</i>		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trigomphus citimus</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sieboldius albardae</i>		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Orthetrum lineostigma</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
<i>Sympetrum pedemontanum</i>		-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Megaloptera													
<i>Parachauliodes continentalis</i>		6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coleoptera													
<i>Laccophilus lewisius</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Platambus fimbriatus</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Cybister</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Stenelmis nipponica</i>		4	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stenelmis</i> sp.		-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dineuts orientalis</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2

Species name	Site No.	Site No.											
		G 1	G 2	G 3	K 1	K 2	K 3	K 5	K 6	K 8	K 9	K 10	K 11
Hemiptera													
<i>Gerris amembo</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Diptera													
<i>Antocha</i> KUa		-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tabanus</i> sp. 1		-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chironomus</i> sp. 2		10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
"	3	-	-	-	4	244	-	10	12	-	-	-	-
"	4	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
"	5	50	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-
"	6	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
"	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
"	8	-	-	-	-	-	38	-	6	-	-	-	-
"	9	-	18	-	38	-	-	-	-	10	-	-	-
"	11	-	-	64	-	-	-	-	-	-	14	-	-
"	13	54	6	-	54	-	-	-	-	-	50	-	-
"	14	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
"	16	-	-	-	-	-	-	-	58	64	-	-	-
"	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
No. of species		29	14	10	18	1	5	2	5	8	9	10	15
No. of individuals		1568	604	280	634	244	56	16	80	1044	1188	93	110

里(K7) 사이의 中流域에 位置한 地點들에서는 16~332個體 範圍로 빈약하게 出現하고 있으며, 특히 流水域에서 滯水域으로 變換한 草茨里(K5)의 경우에는 1次조사시의 332個體에서 2次調査時的 16個體로 현저한 個體數 現存量의 감소가 일어났다. 中, 下流域에 位置한 驛里(K8) 및 旺山里(K9)에서는 급격한 個體數 現存量의 증가가 일어났으나 가장 下流에 位置한 元堂里(K10) 및 無愁里(K11)에서 다시 個體數 現存量의 감소가 일어났다. 種數 및 個體數 現存量 모두 昆池岩川에서는 調査地點에 따른 變動이 별로 없으나 慶安川은 昆池岩川에 비해 변동폭이 매우 크게 나타났으며, 流水域에 비해 滯水域을 이루고 있는 留雲里(K3), 草茨里(K5) 및 旺山里 上流(K6)에서 매우 빈약하게 나타났다.

2. 優占種과 優占率

각 調査地點의 優占種과 이들의 優占率은 Table 2와 같다.

1. 2次調査를 통하여 昆池岩川에 位置한 地點들의 경우에는 맑은 물에서 棲息하는 하루살이類인 *Epeorus latifolium* 및 *Baetis* KUa등과 比較的 맑은 물에서 棲息하는 *Hydropsyche* KUe 및 *Hydropsyche* KUb가

第1 優占種으로 出現하고 있다. 慶安川은 上流地點의 處里(K1)에서 하루살이類인 *Baetis nla*와 날도래類인 *Hydropsyche* KUa가 第1, 2 優占種으로 出現하고 있으나 龍仁邑內(K2)에서 旺山里(K7)사이에 位置한 地點들에서는 強腐水性 水質에 棲息하고 있는 갈다구類인 *Chironomus*類들이 第1, 2 優占種을 차지하고 있다. 中, 下流에 位置한 驛里(K8), 慶安里(K9) 및 元堂里(K10)에서는 하루살이類인 *Baetis nla* 및 *Serratella nufa*와 날도래類인 *Hydropsyche* KUa가 第1 優占種을 차지하고 있으며 最下流인 無愁里(K11)에서는 잠자리類인 *Cercion hieroglyphicum*과 *Cercion calamorum*이 第1, 2 優占種을 차지하고 있어 대체적으로 地域間의 差異가 뚜렷하다.

優占率은 昆池岩川에 位置한 地點들이 1, 2次調査를 통하여 0.35~0.66範圍로 比較的 낮게 나타났다.

慶安川의 경우는 上流의 處里(K1)에서 0.45 및 0.55로 낮게 나타났으나 龍仁邑內(K2)에서 驛里(K8)사이에 位置한 地點들에서는 0.79~1.00範圍로 매우 높게 나타났으며, 慶安里(K9)이하의 下流地點들의 優占率은 0.45~0.74範圍로 다시 낮아지는 경향이 뚜렷하다.

Table 2. The dominant species and their dominance indices (DI) of aquatic insects collected from the each site of the Kyungan stream.

Sites	Monthes	Dominant Species	DI
G 1	3	<i>Epeorus latifolium</i> , <i>Serratella rufa</i>	0.42
	8	<i>Baetis</i> KUa, <i>Serratella rufa</i>	0.35
G 2	3	<i>Hydropsyche</i> KUe, <i>Serratella setigera</i>	0.49
	8	<i>Baetis thermicus</i> , <i>Hydropsyche</i> KUb	0.66
G 3	3	<i>Hydropsyche</i> KUb, <i>Serratella rufa</i>	0.58
	8	<i>Baetis</i> nla, <i>Baetis thermicus</i>	0.57
K 1	3	<i>Baetis</i> nla, <i>Hydropsyche</i> KUa	0.45
	8	<i>Baetis</i> nla, <i>Hydropsyche</i> KUa	0.55
K 2	3	<i>Chironomus</i> sp. 10	1.00
	8	<i>Chironomus</i> sp. 3	1.00
K 3	3	—	
	8	<i>Chironomus</i> sp. 8, <i>Cercion calamorum</i>	0.79
K 4	3	<i>Chironomus</i> sp. 8, <i>Chironomus</i> sp. 12	0.87
	8	—	
K 5	3	—	
	8	<i>Chironomus</i> sp. 8	1.00
K 6	3	—	
	8	<i>Chironomus</i> sp. 16, <i>Chironomus</i> sp. 3	0.88
K 7	3	<i>Chironomus</i> sp. 17, <i>Chironomus</i> sp. 9.	0.78
	8	—	
K 8	3	—	
	8	<i>Baetis</i> nla, <i>Baetis</i> KUa	0.82
K 9	3	<i>Hydropsyche</i> KUa, <i>Hydropsyche</i> KUb	0.67
	8	<i>Baetis</i> nla, <i>Baetis</i> KUa	0.74
K 10	3	<i>Serratella rufa</i> , <i>Chironomus</i> sp. 4	0.55
	8	<i>Serratella rufa</i> , <i>Serratella setigera</i>	0.61
K 11	3	—	
	8	<i>Cercion hieroglyphicum</i> , <i>Cercion Calamorum</i>	0.45

3. 多様度

本調査에서 水棲昆蟲 群集의 複雑性을 나타내는 多様度指數는 Table 3과 같다.

多様度指數의 값이 클수록 群集이 複雑함을 나타내는 것으로서 昆池岩川에서는 宮坪里(G1)가 3.53으로 매우 높게 나타났으며 그 外의 地點들도 2.41 및 2.83으로 比較的 높게 나타났다. 慶安川에서는 最上流의 虎里(K1)와 最下流인 無愁里(K11)가 3.01 및 3.26으로 높게 나타났다. 龍仁邑內(K2)는 1, 2次調査를 통하여 多様度指數가 0.00으로 群集의 多

樣性이 전혀 없으며 留雲里(K3)에서 驛里(K8) 사이에 位置한 地點들은 0.95~1.57 範圍로 낮은 多様度指數값을 보여주고 있으며 慶安里(K9) 이하의 下流地點들은 2.10 이상으로 다시 증가하는 경향이 현저하다.

4. 里化學的 分析

調査地點의 水質分析 結果는 Table 4와 같다.

水温은 調査地域의 水심이 낮고, 流量이 많지 않아 大氣溫度에 의해 影響을 받고 있다.

pH값은 7.0~9.5 範圍로 上水原水 기준치인 6.5

~8.5範圍를 벗어났다. 특히 하절기인 2次調査時에 淨水域을 形成하고 있는 留雲里(K3), 草美里(K5) 및 旺山里上流(K6)와 이들의 近접하류에 位置한 驛里(K8) 및 慶安里(K9) 등이 높게 나타난 것은 淨水域의 경우에 藥類의 과잉성장에 따른 影響으로 높게 測定되었다고 여겨진다.

溶存酸素는 比較的 汚染物質의 流入이 적은 昆池岩川에 位置한 地點들과 慶安川 上流의 處里(K1)가 水温이 낮은 1次調査에서 10.2~11.9mg/l 範圍로, 水温이 높은 2次調査에서 7.6~8.0mg/l 範圍로 良好하게 나타났으나 淨水域을 形成하고 있는 留雲里(K3), 草美里(K5) 및 旺山里 上流(K6)에서는 2次 調査時의 높은 水温에도 불구하고 11.2~16.4mg/l로 높은 溶存酸素量을 보여주는 것은 淨水域의 藻類發生에 따른 활발한 光合成의 影響으로 思料된다.

生物學的 酸素要求量은 分解性 有機物質의 汚染程度을 파악하는 指標로서 일반적으로 10mg/l이상의 濃度에서 악취가 발생한다.¹⁸⁾ 調査地點의 生物學的 酸素要求量은 昆池岩川이 1.8~3.0mg/l로 上水原水 2級水에 해당한다. 慶安川에서는 3月の 1次 調査에서 1.6~7.3mg/l로 上水原水 3級水質에 적합하였으나 8月の 2次調査에서는 水温의 급등 등의 影響으로 2.6~21.7mg/l 範圍로 훨씬 높게 나타났으며, 특히 都市下水의 影響을 많이 받는 龍仁邑內(K2)와 淨水域인 留雲里(K3), 草美里(K5) 및 旺山里 上流(K6)와 위 地點들의 影響을 받고 있는 地點들에서 높게 나타나고 있다.

水中의 磷酸鹽-磷은 植物性 플랑크톤과 水生植物의 生長에 필수적인 要因으로서 植物體의 生長에 制限要因으로 作用하는 代表的인 因子이다. 磷酸鹽-磷의 濃度는 ND~0.205mg/l 範圍로 1次調査時의 慶安里(K9)에서 제일 높게 측정되었다. 8月の 2次調査에서는 淨水域인 留雲里(K3), 草美里(K5) 및 旺山里 上流(K6)는 ND~0.005mg/l 範圍의 매우 낮은 濃度로 測定된 것은 위 地點에서 藻類의 成長에 필수적인 磷酸鹽-磷이 多量으로 소비되었기 ため으로 여겨진다.

전기전도도는 草美里(K5)에서 350 μ s/cm로 가장 큰 값을 보이고 있으며 그 外的 地點들도 71~294 μ s/cm 範圍로 나타났다.

Chlorophyll-a는 大部分의 藻類群에 含有되어 있으므로 이의 量을 測定함으로써 藻類의 現存量과 富營養化 狀態를 파악할 수 있으며^{19, 20)} 또한 藻類

成長에 制限要因으로 作用하는 窒素, 磷 등의 營養鹽類의 流入影響을 파악할 수 있다. 1次調査時에 Chlorophyll-a 濃度는 ND~1.6mg/m³ 範圍의 낮은 濃度로 測定되었으나 水温이 높은 2次調査時에는 ND~112.7mg/m³ 範圍로 매우 큰 변동폭을 보여주고 있다. 특히 淨水域을 形成하고 있는 留雲里(K3), 草美里(K5) 및 旺山里 上流(K6)가 41.1~112.7mg/m³의 매우 높은 濃度가 測定되었으며, 近접 下流에 位置한 驛里(K8) 및 慶安里(K9)에서도 57.0 및 41.1mg/m³로 높게 測定되었다.

Table 3. The species diversity indices(H') of aquatic insects from the each site in the kyungan stream.

Sites	Monthes	H'	Mean H'
G 1	3	3.34	3.53
	8	3.71	
G 2	3	3.16	2.83
	8	2.49	
G 3	3	2.40	2.41
	8	2.41	
K 1	3	3.20	3.01
	8	2.81	
K 2	3	0.00	0.00
	8	0.00	
K 3	3	-	1.51
	8	1.51	
K 4	3	1.20	1.20
	8	-	
K 5	3	-	0.95
	8	0.95	
K 6	3	-	1.31
	8	1.31	
K 7	3	1.67	1.67
	8	-	
K 8	3	-	1.57
	8	1.57	
K 9	3	2.35	2.10
	8	1.85	
K 10	3	2.88	2.72
	8	2.56	
K 11	3	-	3.26
	8	3.26	

5. 生物學的水質評價

生物學的인 水質評價는 1900年代 初에 Kolkwitz와 Marson^{21,22)}이 처음으로 動物과 植物을 指標種으로 사용하여 河川의 有機汚染 地域과 회복地域을 表示한 후¹⁾ 細菌, 原生動物, 魚類 및 底棲性 大型 無脊椎動物 등의 生物群이 利用되어 왔다. 이 中에서 底棲性 大型無脊椎動物의 大部分을 차지하는 水棲昆蟲類는 水質의 汚染程度에 따라 特定種類의 存在有無, 種類數 및 分布 등의 群集構造에 뚜렷한 差

異가 있으므로 이들의 狀態가 生物學的 指標로 重要하다고 많은 學者에 의해 강조되고 있다.^{7,8,23,24)}

이러한 概念에서 最近 여러가지 數理的인 分析方法이 論議되고 있으며^{1,25)} 그 中 Margalef²⁶⁾의 情報里論에 따라 유도된 Shannon-Wiener Function(H)²⁷⁾를 많이 利用하고 있다. Wilhm와 Dorris²⁾가 多樣度指數의 값이 낮으면 汚染이 되었음을 의미한다는 報告 후, 多樣度指數를 利用한 水質判定이 많이 시도되고 있다. 또한 Staub등²⁸⁾은 多樣度指數(H)가 0~1.00 : 强腐水性, 1.00

Table 4. The water quality of the survey sites of kyungan stream in Kyunggi-do.

Sites	Month	Temp (%)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Conductivity (us/cm)	Chlorophylla-a (mg/m ³)
G1	3	13.5	7.4	10.2	2.0	0.087	76	0.4
	8	23.0	7.2	7.6	1.8	0.016	71	5.4
G2	3	13.5	7.7	11.2	2.5	0.040	110	1.6
	8	24.0	7.2	7.6	2.8	0.019	105	4.5
G3	3	11.0	7.6	11.9	2.4	0.271	139	ND
	8	24.0	7.2	7.2	3.0	0.026	92	5.0
K1	3	11.0	7.3	11.9	1.6	0.030	152	ND
	8	24.7	7.5	8.0	4.1	0.005	84	ND
K2	3	11.5	7.4	7.6	2.24	0.440	294	1.0
	8	27.0	8.1	8.0	18.2	ND	130	7.7
K3*	3	-	-	-	-	-	-	-
	8	30.5	7.8	11.2	18.1	0.005	288	41.1
K4	3	12.0	7.3	10.2	7.3	0.327	128	1.6
	8	-	-	-	-	-	-	-
K5*	3	-	-	-	-	-	-	-
	8	30.5	8.7	15.0	19.4	0.012	350	92.6
K6*	3	-	-	-	-	-	-	-
	8	32.5	9.5	16.4	21.7	ND	266	112.7
K7	3	13.0	7.5	8.8	4.2	0.125	64	1.2
	8	-	-	-	-	-	-	-
K8	3	-	-	-	-	-	-	-
	8	30.0	8.3	12.0	19.1	0.006	203	57.0
K9	3	12.0	7.5	9.7	3.8	0.205	263	0.9
	8	30.0	8.6	7.6	18.5	0.006	200	41.1
K10	3	11.5	7.4	9.4	4.9	0.029	212	0.9
	8	25.0	7.1	7.2	4.1	0.026	106	8.1
K11	3	-	-	-	-	-	-	-
	8	23.0	7.0	6.8	2.6	0.008	83	9.5

* stagnant area.

~2.00 : α 中腐水性, 2.00~3.00 : β 中腐水性, 3.00~4.50 : 貧腐水性 등으로 多樣度指數의 값에 의한 汚水生物系列을 제시하였다.

本 研究의 결과 얻어진 多樣度指數를 기준으로 위의 汚水生物系列로 區分하면 Table 3과 같다.

대체적으로 昆池岩川이 慶安川보다 더 良好한 水質狀態를 유지하고 있다. 昆池岩川은 宮坪里(G1)가 貧腐水性, 昆池岩里(G2) 및 島坪里(G3)가 β 中腐水性을 유지하고 있다. 慶安里은 最上流의 處里(K1)는 貧腐水性 水域을 形成하고 있으나 龍仁邑內(K2)와 草芙里(K5)는 强腐水性, 留雲里(K3)에서 驛里(K8)에 이르는 中間地點들에서는 모두 α 中腐水性으로 나타났다. 下流의 慶安里(K9) 및 元堂(K10)은 β 中腐水性, 最下流인 無愁里(K11)는 貧腐水性으로 種多樣度指數값이 상당히 높게 나타났다. 따라서 本 水系에서는 都市河川의 影響을 받고 있는 龍仁邑內(K2)와 中流의 渟水域인 留雲里(K3), 草芙里(K5) 및 旺山里 上流(K6) 등이 流水地域에 비해 自淨作用이 훨씬 떨어지며, 多樣度指數값도 매우 낮게 나타나 水中生物의 棲息에 부적합한 水域으로

나타났으나 中流이하의 下流에서 회복되는 현상이 뚜렷하다.

種多樣度指數(H')와 優占度指數(DI)와의 相關關係는 -0.9719~0.9846으로 매우 밀접한 逆相關性을 가지고 있으며 다른 環境要因과의 關係는 Table 5와 같다. 種多樣度指數와 溶存酸素와의 相關關係는 1次調査인 3月에는 0.7011로 밀접하게 나타나 溶存酸素量이 많을수록 水棲昆虫의 多樣性이 커지고 있다. 2次調査인 8月에는 -0.5344의 逆相關關係를 보인 것은 渟水域을 形成하고 있는 有機汚染地點들에서 藻類의 과잉성장에 따른 활발한 光合成作用으로 晝間에 높은 溶存酸素量을 나타냈기 때문으로 思料되며 8月の pH값과의 -0.6909의 逆相關關係도 藻類의 과잉성장에 따른 影響으로 여겨진다. 또한 多樣度指數값이 水質汚染정도를 나타내는 生物學的 酸素要求量, 전기전도도 및 Chlorophyll-a 등의 相關關係는 -0.3131~-0.8434의 逆相關으로 水質汚染이 심화될수록 水棲昆虫 群集의 種多樣性이 反比例적으로 낮아짐을 파악할 수 있다. 따라서 群集의 복잡성을 나타내는 種多樣度

Table 5. Correlation coefficient between species diversity indices(H'), dominance indices(DI) and water quality items in Kyungan stream, March and august, 1990.

	H'	DI	Temp	pH	DO	BOD	PO ₄ -P	Cond
DI	-0.9846* (-0.9719*)							
Temp	0.2422 (-0.7189*)	-0.1919 (0.7954*)						
pH	0.2263 (-0.6909*)	-0.2188 (0.7614*)	0.3724 (0.9138*)					
DO	0.7011** (-0.5344)	-0.7187** (0.6603**)	-0.1323 (0.8256*)	0.2168 (0.8238*)				
BOD	-0.3131 (-0.8434*)	0.4429 (0.8740*)	-0.002 (0.9550*)	-0.2959 (0.9005*)	-0.2411 (0.7384*)			
PO ₄ -P	-0.8841* (0.5074)	0.8406* (-0.4843)	-0.3350 (-0.5796**)	-0.1451 (-0.6349**)	-0.4377 (-0.4336)	0.2032 (-0.6797**)		
Cond	-0.4448 (-0.6462**)	0.4243 (0.7590*)	-0.5656 (0.9063*)	-0.1680 (0.7782*)	-0.4435 (0.8579*)	-0.0385 (0.8433*)	0.4666 (-0.4064)	
Chl-a	-0.3793 (-0.5179)	0.4868 (0.6493**)	0.5010 (0.8786*)	0.1672 (0.8951*)	-0.4477 (0.9531*)	0.1678 (0.7889*)	0.1546 (-0.4316)	-0.0124 (0.8769*)

* P < 0.01, ** P < 0.05

Open parentheses parts are values of March survey(1st Survey),
Parentheses parts are values of August Survey(2nd Survey).

指數가 水質汚染을 評價하는 指標로 使用될 수 있는 良好한 有意性을 가지고 있다고 할 수 있다.

藻類群에 含有되어 있는 Chlorophyll-a量과 藻類 成長의 制限因子로 作用하는 磷酸鹽-磷과의 相關關係는 3月에는 0.1546으로 正의 相關關係를 나타냈으나 溫度가 높은 8月에는 -0.4316으로 逆相關關係가 나타나는 것은 一部 淨水域에서 藻類의 과잉 성장에 의하여 水中의 磷酸鹽-磷을 다량 소비하였기 때문에 思料된다.

IV. 結 論

慶安川水系의 水棲昆虫 群集構造와 生物學的 水質 評價에 關한 調查結果는 다음과 같다.

1. 總 分類群數는 8目 26科 46屬 78種으로 나타났다.
2. 出現種類數는 宮坪里(29種)가 가장 많고 龍仁邑內(1種)가 가장 적게 出現하고 있다.
3. 優占率은 宮坪里(0.35)가 가장 낮고 龍仁邑內(1.00)와 草美里(1.00)가 가장 높게 나타났다.
4. 種多樣度指數(H)는 宮坪里(3.53)가 가장 높고 龍仁邑內(0.00)가 가장 낮게 나타났다.
5. 種多樣度指數(H)에 의한 汚水生物系列로 구분해 보면 宮坪里 및 無愁里는 貧腐水性, 龍仁邑內 및 草美里는 强腐水性이고 그 外의 地點들은 α 中腐水性 및 β 中腐水性으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Wilhm, J. I. : Graphic and mathematical analysis of biotic communities in polluted stream. Ann. Rev. Ent., 17, 223-252, 1972.
2. Wilhm, J.L. and T.C. Dorris : Biological parameters of water quality. Bioscience, 18, 477~481, 1968.
3. 金昌煥, 尹一炳, 李鍾郁 : 漢江本流의 底棲性 大型無脊椎動物에 의한 生物學的 水質判定에 關한 研究. 自然保存研究報告書, 2, 147-156, 1980.
4. 裴景錫, 呂寅學, 金吉植, 金相勳, 朴鎮鎬, 尹鎬均, 姜熙坤, 金昊永 : 漢江水系의 水棲昆虫 群集特性 및 生物學的 水環境 評價에 關한 研究, 서울시 保健環境研究院報, 25, 1-10,

- 1989.
5. James, A. and L. Evison : Biological indicators of water quality. John Wiley & sons, Ltd. 1979.
6. Ravera, O. : Biological aspects of freshwater pollution. Commission of the European Communities, Italy, 214, 1979.
7. Hynes, H.B.N : The biology of polluted waters. Liver pool Univ. Press, 1963.
8. Hynes, H.B.W : The ecology of stream insects. Ann. Rev. Entomol., 15, 25-42, 1970.
9. Rosh, V.H., and D.M. Rosenberg : The ecology of aquatic insects. Praeger Publ., USA., 625, 1984.
10. 金昌煥, 尹一炳, 李鍾奎 : 漢江水系에 있어서 水棲昆虫의 多樣性에 의한 生物學的 水質判定에 關한 研究. 1, 朝宗川, 自然保存研究報告書, 1, 257-267, 1979.
11. 尹一炳, 卞鍾旭 : 漢江 本流의 生物學的 및 理化學的 水質分析에 關한 比較研究, 自保誌, 3, 391-411, 1981.
12. 尹一炳, 卞鍾旭 : 漢江本流의 生物學的 및 理化學的 水質分析에 關한 比較研究(II), 自然保存研究報告書, 4, 297-312, 1982.
13. Surber, E.W. : Rainbow trout and bottom fauna production in one mile of stream. Trans. Amer. Fish Soc., 66, 1937.
14. McNaughton, S.J. : Relationship among functional properties of California Grassland. Nature, 216, 168-169, 1967.
15. Lloyd, M. and R.J. Ghelardi : A table for calculating the "Equitability" component of species diversity. J. Anim. Ecol., 33, 317-225, 1964.
16. 環境廳 : 環境汚染公正試驗法(水質篇), 1986.
17. APHA-AWWA-WPCF : Standard method for examination of water and Wastewater (16th). Washington.
18. Murdoch, W.W. : Environment resources pollution and society. 2nd ed., Sinauer Associates Inc. Publ., Aaunderland, 251-270, 1975.
19. Sakamoto, M. : Primary production by phyto-

- plankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth. Arch. Hydrobiology, 62, 1-28, 1986.
20. 金旻永等 : 미사리 漕挺湖의 藻類除去 方案에 관한 調査研究, 陸水誌, 22, 4, 309-319, 1989.
 21. Kolkwitz, R. and M. Marsson : Ecology of Plant saprobia. Ber. d. Dent. Bot.(Ger.) 260-505, 1908.
 22. Kolkwitz, R. and M. Marsson : Ecology of animals saprobia. Int. Rev. d. Gesamten Hydrobiol., 2, 126, 1909.
 23. 律田松茵 : 水生昆虫學, 北隆館, 1966.
 24. 田中光 : 小櫃川 および夷隅川(千葉縣)の 水生昆虫群集, 淡水研報, 21, 1, 21-43, 1971.
 25. Harkins, R.D. and R.E. Austin : Reduction and evaluation of biological data. J. WPCF, 45, 7, 1606-1611, 1973.
 26. Margalef, R. : Information theory in ecology. Gen. Syst., 3, 36-71, 1958.
 27. Pielou, E.C. : An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience, New York, 1969.
 28. Staub, R., J.W., Appling, A.M. Hofstetter, and I.J. Haas : The effects of industrial wastes of Memphis and Shelby County on primary plankton producers. Biosciences, 20, 905-912, 1970.